

Penularan *Potyvirus* Penyebab Penyakit Mosaik pada Tanaman Nilam melalui Vektor *Aphis gossypii*

Transmission of *Potyvirus* that Causes Mosaic Disease in Patchouli Plant through Vector *Aphis gossypii*

Rita Noveriza^{1,2*}, Gede Suastika¹, Sri Hendrastuti Hidayat¹, Utomo Kartosuwondo¹

¹Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

²Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor 16111

ABSTRAK

Nilam (*Pogostemon cablin*) merupakan tanaman penting yang memiliki nilai ekonomi karena kemampuannya memproduksi minyak esensial, yaitu minyak nilam. Hama dan penyakit dapat berkontribusi terhadap rendahnya produksi minyak nilam di Indonesia. *Potyvirus* telah diidentifikasi merupakan salah satu penyebab penyakit mosaik pada nilam. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kutudaun yang berasosiasi pada tanaman nilam dan untuk mempelajari hubungan antara spesies kutudaun dan virus mosaik. Dua spesies kutudaun yang paling banyak ditemukan pada pertanaman nilam di Indonesia ialah *Aphis gossypii* dan *Brachycaudus* sp. Studi lebih lanjut pada kemampuan *A. gossypii* menularkan *Potyvirus* mengungkapkan adanya hubungan non persisten dengan periode puasa optimum 25 menit, periode makan akuisisi 15 menit, dan periode makan inokulasi optimum 4 jam.

Kata kunci: *Aphis gossypii*, *Brachycaudus*, nilam, *Pogostemon cablin*, *Potyvirus*

ABSTRACT

Patchouli (*Pogostemon cablin*) is an economically important plant due to its capability to produce essential oil, i.e. patchouli oil. Pest and diseases may contribute to low production of patchouli oil in Indonesia. Aphids are commonly found associated with patchouli plants showing mosaic symptoms, indicated possible relationship between aphids and mosaic virus. Early diagnosis showed that mosaic disease on patchouli is caused by *Potyvirus* infection. A study was conducted to identify those aphid species and to examine relationship between the aphid species and mosaic virus. Two aphid species commonly found in patchouli plants in Indonesia are *Aphis gossypii* and *Brachycaudus* sp. Further study on the ability of *A. gossypii* to transmit *Potyvirus* revealed the possible non-persistent relationship, with 25 min optimum pre-acquisition starvation, 15 min acquisition period and 4 hours optimum inoculation feeding period, respectively.

Key words: *Aphis gossypii*, *Brachycaudus*, nilam, *Pogostemon cablin*, *Potyvirus*

PENDAHULUAN

Nilam (*Pogostemon cablin*) adalah salah satu tanaman penghasil minyak atsiri atau lebih dikenal dengan nama minyak nilam. Minyak nilam bersama dengan 14 jenis

minyak atsiri lainnya adalah komoditas ekspor penghasil devisa. Salah satu negara pemasok utama minyak nilam di dunia adalah Indonesia (90%). Ekspor Indonesia berfluktuasi dengan laju peningkatan ekspor sekitar 12% per tahun atau kisaran antara 700 dan 2800 ton minyak

*Alamat penulis korespondensi: Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Jalan Tentara Pelajar No 3, Bogor 16111
 Tel: 0251-8321879, Faks: 0251-8327010, Surel: rita_noveriza2000@yahoo.com

nilam per tahun. Sementara itu, kebutuhan dunia berkisar 1200-1500 ton dengan pertumbuhan 5% per tahun (PDIP 2010).

Pada tahun 2004 produktivitas nilam Indonesia sekitar 103.42 kg ha⁻¹, tetapi tahun berikutnya turun menjadi 103.11 kg ha⁻¹ dan pada tahun 2006 meningkat hingga 107.23 kg ha⁻¹. Level produktivitas yang cukup tinggi tidak dapat dipertahankan sampai tahun 2007 menurun lagi menjadi 72.92 kg ha⁻¹. Pada tahun 2008 tingkat produktivitas 83.05 nilam kg ha⁻¹. Selain masalah teknologi, ada beberapa faktor yang menyebabkan produktivitas dan mutu nilam Indonesia rendah, yaitu budi daya yang tidak intensif, serangan hama dan penyakit, benih yang buruk, juga cara penanganan bahan baku dan penyulingan minyak nilam yang masih jauh dari sempurna (PDIP 2010).

Salah satu masalah yang menyebabkan produksi nilam rendah ialah gangguan penyakit yang disebabkan oleh virus. Menurut hasil penelitian Noveriza *et al.* (2012), di Indonesia virus yang menyerang tanaman nilam menunjukkan gejala mosaik dan disebabkan oleh *Potyvirus*. Virus tersebut ditularkan oleh kutudaun sebagai vektor penyakit (Natsuaki *et al.* 1994). Hasil pengamatan penyakit mosaik pada tanaman nilam yang ada di Sumatera Barat, Sumatera Utara, Jawa Barat dan Jawa Tengah ditemukan adanya populasi kutudaun yang sangat tinggi pada tanaman yang terinfeksi (Noveriza *et al.* 2012).

Hasil ini menunjukkan adanya kemungkinan hubungan antara kutudaun dan penyakit virus mosaik yang menyerang tanaman nilam. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kutudaun yang ditemukan ada pada tanaman nilam dan mengetahui hubungan virus penyebab penyakit mosaik pada tanaman nilam dengan kutudaun tersebut.

BAHAN DAN METODE

Kutudaun dikoleksi dari seluruh daerah yang disurvei dengan mengumpulkan seluruh jenis kutudaun yang ada pada tanaman nilam dan memasukkannya ke dalam botol koleksi yang berisi alkohol 70% untuk keperluan identifikasi.

Identifikasi Kutudaun

Kutudaun yang digunakan dalam pengujian ini diperoleh dari pertanaman nilam. Sebelum dibiakkan pada tanaman inang nilam, kutudaun diidentifikasi menggunakan kunci identifikasi Blackman dan Eastop (2000) dan Martin (1983). Identifikasi dilakukan berdasarkan morfologi kutudaun yang tidak bersayap dengan karakter yang diamati antara lain kepala, sifunkuli dan kauda (Gambar 1).

Pembuatan Preparat Mikroskopi

Pembuatan preparat mikroskopi dilakukan dengan metode Blackman dan Eastop (2000). Kutudaun dimatikan dalam alkohol 95%, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi alkohol 95%, dan dipanaskan dalam penangas air selama 5 menit. Alkohol bersama kutudaun dituang ke dalam gelas arloji, dan kutudaun ditusuk pada bagian torak dengan jarum. Selanjutnya kutudaun dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi KOH 10%, dan dipanaskan kembali sampai kutudaun dalam tabung reaksi terlihat transparan. Tabung reaksi yang berisi kutudaun dikeluarkan dari penangas air dan kutudaun beserta KOH dituang ke gelas arloji. Kutudaun dicuci dengan air destilata sebanyak dua kali. Perlakuan selanjutnya adalah dehidrasi kutudaun, dengan cara merendam kutudaun yang telah dibersihkan isi tubuhnya dalam alkohol secara berurutan mulai dari kepekatan 50%, 70%, 80%, 95%, dan 100% masing-masing selama 10 menit. Selanjutnya kutudaun direndam dalam minyak cengkeh selama 10 menit. Kutudaun diletakkan di atas gelas objek yang sebelumnya telah ditetesi minyak cengkeh. Kemudian minyak cengkeh diserap sampai bersih menggunakan kertas saring atau tisu. Posisi kutudaun diatur dan ditetesi balsam kanada. Pengerjaan tahap penyerapan minyak cengkeh dilakukan dibawah mikroskop stereo. Selanjutnya preparat ditutup dengan gelas penutup dan diamati di bawah mikroskop majemuk.

Pembebasan Kutudaun dari Virus

Pembebasan kutudaun dari virus berdasarkan metode Sularno (2009). Daun talas

dicuci, tangkainya dibalut dengan kapas basah dan diletakkan pada cawan petri. Kutudaun dipindahkan dengan kuas gambar yang telah dibasahi dengan sedikit air ke permukaan daun talas bagian bawah yang berada dalam cawan petri. Cawan petri ditutup dan imago dibiarkan menghasilkan nimfa. Kutudaun yang baru lahir dipindahkan ke daun tanaman nilam sehat dan dibiarkan berkembang biak. Kutudaun ini yang kemudian digunakan untuk pengujian selanjutnya, karena kutudaun yang baru lahir selalu bebas virus.

Perbanyak Sumber Inokulum *Potyvirus* Isolat Bogor dan Tanaman Uji

Sumber inokulum berasal dari tanaman nilam yang terinfeksi *Potyvirus* koleksi dari Cimanggu-Bogor (isolat Bogor). Isolat Bogor yang sebelumnya sudah dimurnikan pada tanaman *Chenopodium amaranticolor* tersebut diperbanyak pada tanaman nilam sebagai sumber inokulum. Tanaman uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilam Aceh varietas Sidikalang hasil kultur in vitro (somaklon no 6, 21, dan 25) yang benihnya diperoleh dari Balittro Bogor. Setek tanaman nilam ditanam dalam kantong plastik berisi tanah:pupuk kandang (2:1). Setelah tanaman berumur 1 bulan, tanaman siap diinokulasi.

Pengaruh Periode Puasa Kutudaun terhadap Penularan *Potyvirus*

Nimfa kutudaun yang tidak bersayap dipindahkan ke kotak plastik untuk dipuaskan selama 10, 15, 25, 40, 60, 90, dan 120 menit. Selanjutnya 1200 kutudaun tersebut diletakkan pada tanaman nilam yang telah terinfeksi *Potyvirus* dengan periode makan akuisisi selama 15 menit. Kutudaun tersebut kemudian dipindahkan ke tanaman nilam sehat yang telah berumur 1 bulan sebanyak 10 ekor setiap tanaman, dengan periode inokulasi 24 jam. Pemindahan kutudaun dilakukan dengan menggunakan kuas. Tiap perlakuan diulang 15 kali. Sebagai kontrol digunakan vektor yang tidak dipuaskan dan diberi periode makan akuisisi pada tanaman nilam sehat. Tanaman uji dipelihara di dalam kurungan kedap serangga dan kutudaun dimatikan.

Pengamatan dilakukan setiap hari sampai 2 bulan setelah penularan terhadap masa inkubasi, gejala dan persentase tanaman yang sakit. Hasil penularan juga dikonfirmasi dengan uji serologi (ELISA).

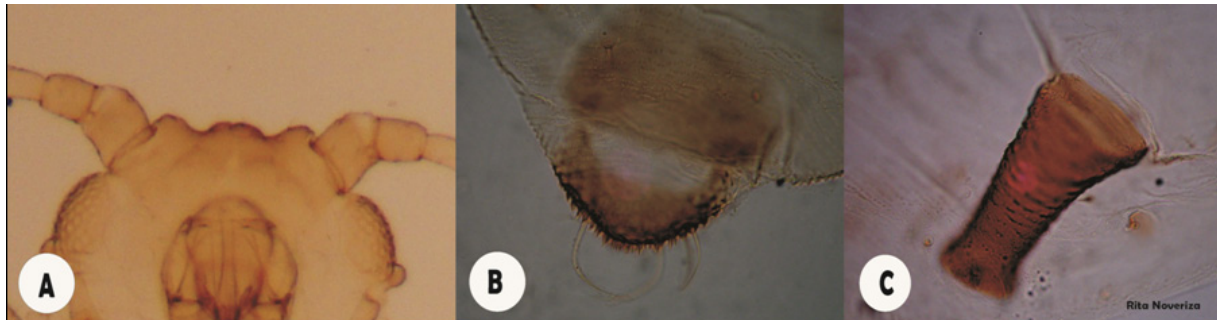
Pengaruh Periode Inokulasi Kutudaun terhadap Penularan *Potyvirus*

Nimfa kutudaun yang tidak bersayap dipindahkan ke kotak plastik untuk dipuaskan selama 40 menit. Selanjutnya 1200 kutudaun tersebut diletakkan pada tanaman nilam yang telah terinfeksi *Potyvirus* dengan periode makan akuisisi 15 menit. Kutudaun tersebut kemudian dipindahkan ke tanaman nilam sehat berumur 1 bulan sebanyak 10 ekor setiap tanaman, dengan periode inokulasi 5, 10, 15, 30, 60 menit, 2, 4, 6, 12, dan 24 jam. Pemindahan kutudaun dilakukan dengan hati-hati menggunakan kuas agar stiletnya tidak patah. Tiap perlakuan diulang 10 kali. Sebagai kontrol, tanaman nilam diperlakukan sama, kecuali serangga vektor diberi periode makan akuisisi pada tanaman nilam sehat. Tanaman uji dipelihara di dalam kurungan kedap serangga dan kutudaun dimatikan. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai 2 bulan setelah penularan terhadap masa inkubasi, gejala dan persentase tanaman yang sakit. Hasil penularan juga dikonfirmasi dengan uji serologi (ELISA).

HASIL

Identifikasi Kutudaun

Hasil identifikasi menunjukkan ada 2 kutudaun yang ditemukan pada tanaman nilam yaitu *Aphis gossypii* dan *Brachycaudus* sp. Kutudaun tersebut membentuk koloni dipermukaan bawah daun dan tangkai pucuk; menyebabkan pucuk daun menggulung. Kutudaun yang digunakan untuk mengetahui hubungan virus dengan vektor hanya *A. gossypii* karena jumlahnya ditemukan lebih banyak dibandingkan *Brachycaudus* sp. (Tabel 1). Selain itu, keberadaan *Brachycaudus* sp. pada tanaman nilam baru diketahui saat ini, sedangkan *A. gossypii* sudah banyak yang melaporkan keberadaannya pada tanaman nilam.



Gambar 1 Karakter morfologi kutudaun tidak bersayap yang diamati untuk kunci identifikasi: A, kepala; B, kauda; dan C, sifunkulus.

Tabel 1 Identifikasi kutudaun pada beberapa daerah sentra budidaya tanaman nilam di Indonesia

| Lokasi | Jenis kutudaun | |
|----------------|-----------------------|-------------------------|
| | <i>Aphis gossypii</i> | <i>Brachycaudus</i> sp. |
| Sumatera Barat | | |
| Pasaman Barat | ++ | + |
| Sumatera Utara | | |
| Pakpak Bharat | + | ++ |
| Jawa Barat | | |
| Bogor | ++ | + |
| Kuningan | ++ | + |
| Garut | ++ | + |
| Jawa Tengah | | |
| Brebes | ++ | + |
| Purbalingga | + | ++ |
| Jambi | | |
| Sarolangun | + | ++ |

++, tinggi (>50 ekor kutudaun/lokasi); +, rendah (1-50 ekor kutudaun/lokasi)

Berdasarkan hasil identifikasi pada preparat awetan pada mikroskop, *A. gossypii* memiliki bentuk kepala yang tidak berkembang, kauda agak mengecil pada bagian tengah dan sifunkulus berbentuk silindris. *Brachycaudus* sp. berwarna hijau kekuningan sampai hijau, memiliki bentuk kepala yang tidak berkembang, kauda berbentuk helm, sifunkulus memiliki bibir pada bagian pinggirnya dan ukurannya lebih pendek dibandingkan dengan sifunkulus *A. gossypii* (Gambar 2).

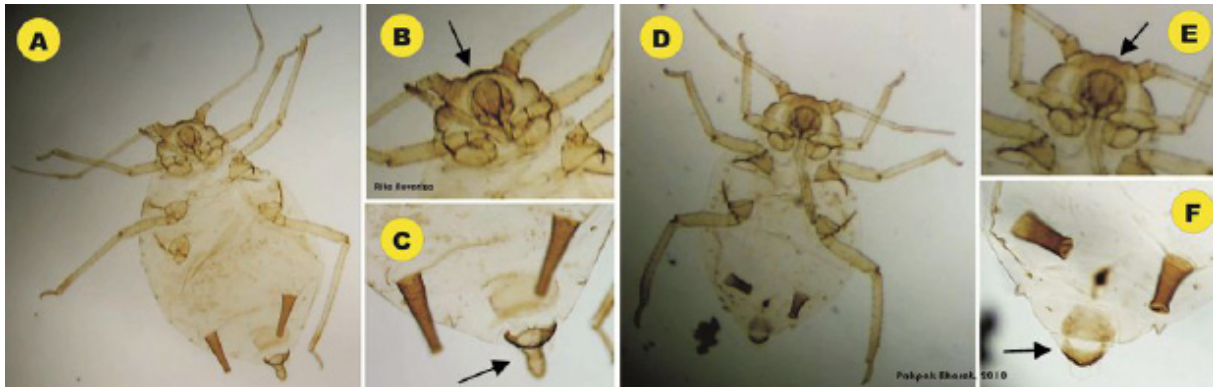
Pengaruh Periode Puasa Pra-Akuisisi dari *A. gossypii* terhadap Penularan *Potyvirus*

Periode puasa yang diberikan pada *A. gossypii* tidak berpengaruh terhadap penularan *Potyvirus*, hal tersebut disebabkan *A. gossypii* yang tidak dipuaskan mampu

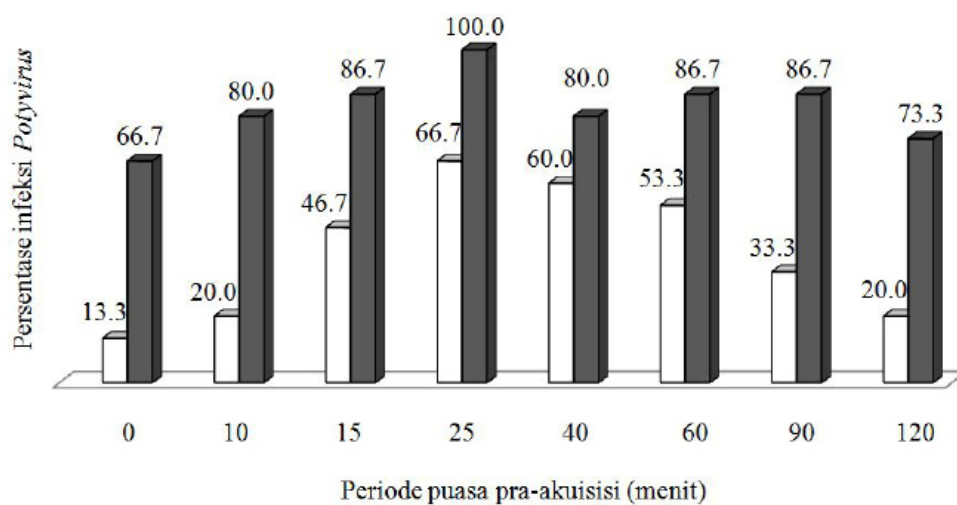
menularkan *Potyvirus* (Gambar 3), tetapi *A. gossypii* yang dipuaskan sebelum akuisisi menunjukkan persentase tanaman terinfeksi yang lebih tinggi. Periode puasa optimum ialah 25 menit dengan persentase tanaman terinfeksi sebesar 66.7% (30 hari setelah inokulasi (HSI)) dan 100% (50 HSI).

Pengaruh Periode Makan Inokulasi dari *A. gossypii* terhadap Penularan *Potyvirus*

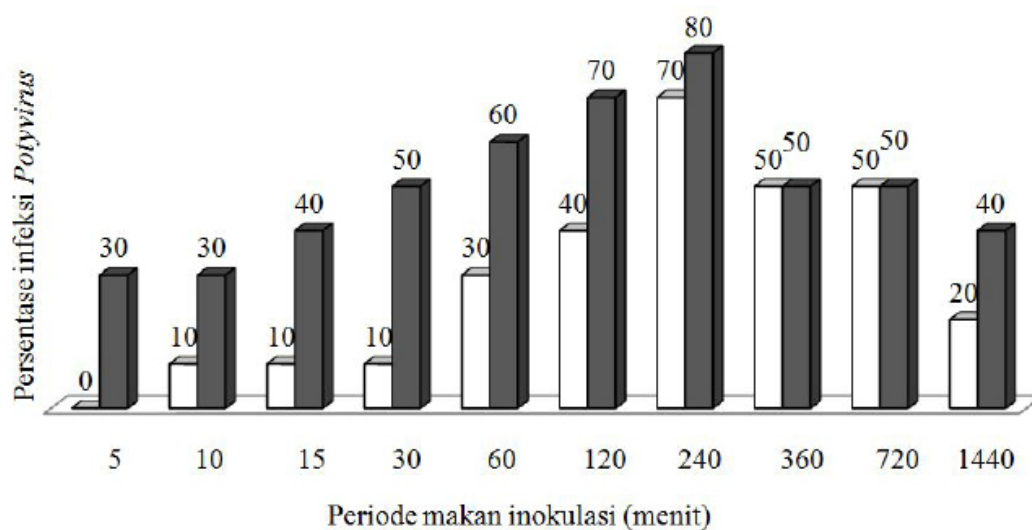
Kutudaun *A. gossypii* mampu menularkan *Potyvirus* setelah periode inokulasi 5 menit dengan persentase tanaman terinfeksi sebesar 30% dengan masa inkubasi 50 hari (Gambar 4). Semakin lama periode inokulasi makan maka persentase tanaman terinfeksi semakin meningkat. Periode inokulasi optimum ialah 4 jam (Gambar 4).



Gambar 2 A, *Aphis gossypii* dewasa aptera; B, kepala *A. gossypii*; C, kauda *A. gossypii*; D, *Brachycaudus* sp. dewasa aptera; E, kepala *Brachycaudus* sp.; dan F, kauda *Brachycaudus* sp.



Gambar 3 Persentase infeksi *Potyvirus* yang ditularkan oleh *Aphis gossypii* pada beberapa tingkat periode puasa pra-akuisisi pada 30 (□) dan 50 (■) hari setelah inokulasi.



Gambar 4 Persentase infeksi *Potyvirus* yang ditularkan oleh *Aphis gossypii* pada beberapa tingkat periode makan inokulasi pada 30 (□) dan 50 (■) hari setelah inokulasi.

PEMBAHASAN

Hasil identifikasi kutudaun menggunakan kunci identifikasi menunjukkan bahwa kutudaun yang ditemukan mengoloni tanaman nilam adalah *A. gossypii* dan *Brachycaudus* sp. *Myzus persicae*, yang pernah dilaporkan mengoloni tanaman nilam oleh Natsuaki *et al.* (1994), tidak ditemukan dalam survei ini.

A. gossypii dan *Brachycaudus* sp. bewarna hijau kekuningan sampai hijau, sehingga secara kasat mata cukup sulit membedakan keduanya. Tetapi jika dilihat dibawah mikroskop dapat dibedakan dari bentuk kauda dan sifunkulusnya. Menurut Blackman dan Eastop (2000), sifunkulus *Brachycaudus* sp. meruncing kearah ujung dan memiliki bibir pada bagian ujungnya, sedangkan *A. gossypii* meruncing dari pangkal sampai bagian tengah dan hampir lurus dari bagian tengah sampai ke ujung. Kauda *Brachycaudus* sp. berbentuk helm, sedangkan kauda *A. gossypii* agak mengecil pada bagian tengah.

Sebelumnya belum ada laporan yang menyatakan keberadaan *Brachycaudus* pada tanaman nilam, jadi perlu dipelajari bagaimana siklus hidup serangga ini pada tanaman nilam. Ada kemungkinan bahwa tanaman nilam bukanlah inang primer dari serangga *Brachycaudus*. Menurut Jouselin *et al.* (2010), *Brachycaudus* membutuhkan tanaman inang sekunder untuk melengkapi siklus hidupnya dan beberapa spesies dari *Brachycaudus* membutuhkan tanaman kelompok *Lamiaceae* (yang merupakan famili dari tanaman nilam) sebagai tanaman inang sekunder.

Penularan virus tumbuhan oleh serangga vektor (kutudaun) meliputi periode makan serangga vektor memperoleh virus (periode akuisisi) dari sumber virus yang berupa tanaman sakit atau tumbuhan lain, sehingga serangga mengandung virus (*viruliferous*) dan infeksi. Vektor infeksi kemudian menularkan virus yang dibawanya ke tanaman lain (periode inokulasi). Diantara waktu tertentu yang disebut masa inkubasi virus dalam tubuh vektor atau masa laten. Setelah menularkan

virus ke tumbuhan lain, infektivitas vektor dapat hilang, menurun atau tetap sampai seumur hidup, tergantung dari pada tipe interaksi virus dengan serangga vektor (Nault 1997).

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, jelas dibuktikan bahwa hubungan antara penyakit mosaik pada nilam yang disebabkan oleh *Potyvirus* dan vektor *A. gossypii* ialah non-persisten. Hal yang sama dilaporkan oleh Singh *et al.* (2005) untuk *Sunflower mosaic potyvirus* (*Potyvirus* yang menyebabkan penyakit mosaik pada tanaman bunga matahari) yaitu, ditularkan secara non-persisten oleh *A. craccivora*. Demikian pula *A. gossypii* dan *M. persicae* menularkan *Papaya ringspot virus*-tipe w dan *Zucchini yellow mosaic virus* (*Potyvirus*) secara non-persisten pada tanaman *zucchini squash* (Pinto *et al.* 2008), tanaman melon (Martin *et al.* 2003). Penularan virus oleh serangga secara non-persisten terjadi bila virus bertahan dalam tubuh serangga dalam waktu yang sangat singkat, beberapa menit atau jam. Serangga menjadi infeksi dengan seketika setelah menghisap virus, tidak diperlukan periode laten. Persistensi atau retensi virus dalam vektor sangat singkat (Sylvester 1980). Kutudaun virulifer yang tidak menginokulasi tanaman lain juga kehilangan infektivitasnya setelah beberapa saat (Sumardiyono *et al.* 1997).

A. gossypii yang dipuasakan dan yang tidak dipuasakan ternyata sama-sama mampu menularkan *Potyvirus* pada tanaman nilam, meskipun demikian dengan dipuasakan persentase infeksi *Potyvirus* lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak dipuasakan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wang dan Pirone (1996) dan Singh *et al.* (2005). Puasa juga dapat menghilangkan komponen tanaman yang mengganggu retensi virion dalam kanal makanan yang ada pada stilet kutudaun (Wang dan Pirone 1996).

Percobaan yang dilakukan pada pengaruh periode inokulasi terhadap kemampuan *A. gossypii* dalam menularkan *Potyvirus* menunjukkan bahwa kutudaun tersebut dapat menularkan virus dalam waktu 5 menit.

Persentase infeksi meningkat dengan meningkatnya periode inokulasi sampai dalam waktu 4 jam, selanjutnya mulai menurun seiring dengan perpanjangan periode inokulasi (Gambar 4). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Singh *et al.* (2005).

Seluruh tanaman yang diuji ternyata rentan terhadap *Potyvirus*, hal ini ditunjukkan oleh persentase infeksi *Potyvirus* mencapai 100% setelah ditularkan oleh *A. gossypii*. Menurut Kishaba *et al.* (1992), persentase infeksi *Watermelon mosaic virus* yang ditularkan oleh *A. gossypii* pada tanaman yang rentan mencapai 97.9%, pada tanaman yang toleran 69.4% dan pada tanaman yang tahan mencapai 26.7%.

Kutudaun yang mengoloni tanaman nilam didominasi oleh *A. gossypii* Glover dan kemudian oleh *Brachycaudus* sp. Kedua jenis kutudaun diperoleh di semua lokasi survei. Studi lebih lanjut mengetahui kemampuan *A. gossypii* menularkan *Potyvirus*, menunjukkan bahwa periode puasa pra-akuisisi optimum adalah 25 menit, periode akuisisi 15 menit dan periode makan inokulasi optimum 4 jam.

Kemampuan *Brachycaudus* sp. menularkan *Potyvirus* perlu dipelajari lebih lanjut karena keberadaan spesies kutudaun ini pada tanaman nilam di Indonesia belum pernah dilaporkan sebelumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh beasiswa dan proyek penelitian dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Badan Litbang) Kementerian Pertanian. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis haturkan kepada Dewi Sartiami, Aisyah dan Elsa yang telah membimbing dan membantu penulis dalam melakukan identifikasi kutudaun pada tanaman nilam.

DAFTAR PUSTAKA

- Blackman RL, Eastop VF. 2000. *Aphids on the World's Crops. An Identification and Information Guide*. Ed ke-2. New York (US): Wiley.
- Jousselin E, Genson G, Coeur d'acier A. 2010. Evolutionary lability of a complex life cycle in the aphid genus *Brachycaudus*. BMC Evol Biol. 10:1-15. doi: 10.1186/1471-2148-10-295
- Kishaba AN, Castle SJ, Coudriet DL, McCreight JD, Bohn GW. 1992. Virus transmission by *Aphis gossypii* Glover to aphid-resistant and susceptible muskmelons. J Amer Soc Hort Sci. 117(2):248-254.
- Martin JH. 1983. The identification of common Aphid pest of tropical agriculture. Tropi Pest Manag. 29(4):395-411. doi:10.1080/09670878309370834.
- Martin B, Rahbe Y, Fereres A. 2003. Blockage of stylet tips as the mechanism of resistance to virus transmission by *Aphis gossypii* in melon lines bearing the Vat gene. Ann Appl Biol. 142(2):245-250. doi: 10.1111/j.1744-7348.2003.tb00247.x.
- Natsuaki KT, Tomaru K, Ushiku S, Ichikawa Y, Sugimura Y, Natsuaki T, Okuda S, Teranaka M. 1994. Characteristic of two viruses isolated from patchouli in Japan. Plant Dis. 78(11):1094-1097. doi: 10.1094/PD-78-1094.
- Nault LR. 1997. Arthropod transmission of plant viruses. A new synthesis. Ann Ent Soc America. 90(5):521-541.
- Noveriza R, Suastika G, Hidayat SH and Kartosuwondo U. 2012. *Potyvirus* associated with mosaic disease on patchouli plants in Indonesia. ISSAAS J. 18(1):131-146.
- Pinto ZV, Rezende JAM, Yuki VA, Piedade SMS. 2008. Ability of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* to transmit *Cucumber mosaic virus* in single and mixed infection with two potyviruses to zucchini squash. Summa Phytopathol. 34(2):183-185. doi: 10.1590/S010054052008000200016.
- [PDIP] Pusat Data Informasi Pertanian. 2010. *Outlook Komoditas Pertanian Perkebunan*. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Singh RK, Singh SJ, Prakash S. 2005. Relationship of *Sunflower mosaic potyvirus* (SMPV) with its aphid vector *Aphis craccivora* Koch. Ind J Agr Res. 39(1):1-9.

- Sularno. 2009. Pengaruh lama waktu makan akuisisi dan lama waktu makan inokulasi *Myzus persicae* dan *Aphis glycine* terhadap kecepatan penularan virus tanaman. *Kultura*. 10(1):1-6.
- Sumardiyono YB, Supratoyo, Samsuri. 1997. Penularan penyakit mosaik kacang panjang oleh *Aphis craccivora*. *J Perlin Tan Indones*. 3(1):32-37.
- Sylvester ES. 1980. Circulative and propagative virus transmission by aphids. *Ann Rev Entomol*. 25(1):257-286. doi: 10.1146/annurev.en.25.010180.001353.
- Wang RY, Pirone TP. 1996. *Potyvirus* transmission is not increased by pre-acquisition fasting of aphids reared on artificial diet. *J Gen Virol*. 77(12):3145-3148. doi: 10.1099/0022-1317-77-12-3145.